

## Perkiraan Kebutuhan Energi dalam Operasional *Under Ground Terminal* untuk *Smart Eco Airport*

### *Energy Requirements Estimation for The Underground Terminal Operation of Smart Eco-Airport*

Martolis<sup>1, a)</sup>, Nanang Ruhyat<sup>2)</sup>, Mohammad Ihsan<sup>3)</sup>

<sup>123)</sup>Universitas Mercubuana, Jl. Meruya Selatan No.31, Kec Kembangan, Kota Jakarta Barat, DKI Jakarta

<sup>a)</sup> Kantor Otoritas Bandara Wilayah I, Jl C2 Bandara Soekarno-Hatta

[martolis@mercubuana.ac.id](mailto:martolis@mercubuana.ac.id)<sup>1)\*</sup>, [nanangruhyat@yahoo.com](mailto:nanangruhyat@yahoo.com)<sup>2)</sup>, [mohihsan@yahoo.com](mailto:mohihsan@yahoo.com)<sup>3)</sup>

#### INFO ARTIKEL

##### Histori Artikel:

Diterima: 1 November 2020

Direvisi: 12 Desember 2020

Disetujui: 15 Desember 2020

Dipublikasi online: Desember 2020

##### Keywords:

*Air transport liberalization, ASEAN; FSC; LCC; Open skies.*

##### Kata kunci:

ASEAN; FSC; LCC; Liberalisasi Udara; *Open skies*.

##### Permalink/DOI:

<https://dx.doi.org/10.25104/wa.v46i2.384.122-132>

©2020 Puslitbang Transportasi Udara, Badanlitbang Perhubungan-Kementerian Perhubungan RI. This is an open access article under the CC BY-NCSA license  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

#### ABSTRACT / ABSTRAK

*The handling of passengers at the airport is not only carried out at the passenger terminal, but is also carried out on the air side, especially in remote areas where there is unnecessary movement in the passenger handling process which is at risk of incidents such as bus fires or bus collisions, inefficient use of time and operational costs, pick-up errors and inconsistencies. service accuracy. Along with the advancement of airport infrastructure technology, it is possible to develop an Under Ground Terminal in the form of a terminal and underground access from terminal to aircraft or vice versa. The development of mechanical technology requires energy consumption to support the mechanical equipment in the form of an escalator or travelator through a tunnel. This underground access can also be used for the Smart Baggage Handling System, another equipment that requires the greatest amount of energy is the cooling system. The total power requirement for the cooling system at Terminal 3 itself is currently 12511.4 kW or about 12.5 MW. By approaching the depth of the soil which functions as a cooling medium with a terminal area that is considered the same, the calculation simulation results show a decrease in power by 37% so that the total power for cooling becomes 7882.4 kW or energy can be reduced by 4629 kW. simulation of the total power in the underground terminal of all mechanical equipment and cooling equipment of 14144.4 kW.*

Penanganan penumpang di bandar udara selain dilakukan di terminal penumpang juga dilakukan pada sisi udara, terutama pada *remote area* dimana proses penanganan penumpang terdapat *unnecessary movement* yang berisiko terjadinya insiden seperti kebakaran bus atau tabrakan bus, ketidak-efisienan penggunaan waktu dan biaya operasional, kesalahan penjemputan dan ketidak-tepatan pelayanan. Seiring dengan kemajuan teknologi infrastruktur kebandarudaraan dimungkinkan untuk pengembangan *under ground terminal* berupa terminal dan akses bawah tanah dari terminal ke pesawat atau sebaliknya. Pengembangan teknologi mekanikal memerlukan konsumsi energi sebagai penunjang peralatan mekanikal tersebut berupa *escalator* atau *travelator* yang melalui *trowongan*. Akses bawah tanah ini juga dapat dimanfaatkan untuk *smart baggage handling system*, peralatan lain yang memerlukan energi yang terbesar adalah sistem pendingin. Total kebutuhan daya untuk sistem pendingin pada Terminal 3 saja saat ini adalah 12511.4 kW atau sekitar 12.5 MW. Dengan melakukan pendekatan kedalaman tanah yang berfungsi sebagai media pendingin dengan luasan terminal yang dianggap sama maka hasil simulasi perhitungan menunjukkan penurunan daya sebesar 37% sehingga

total daya untuk pendinginan menjadi 7882.4 kW atau energi dapat ditekan sebesar 4629 kW. simulasi total daya pada *under ground terminal* dari semua peralatan mekanikal dan peralatan pendingin sebesar 14144,4 kW.

## PENDAHULUAN

Saat ini bandara-bandara didunia masih menggunakan teknologi konvensional, dimana penanganan penumpang dari terminal ke pesawat yang terletak di remote area biasanya menggunakan *Apron Passenger Bus*, untuk pesawat yang berada dekat dengan gedung terminal biasanya dilengkapi garbarata maka naik turun penumpang dan crew dapat melewati akses tersebut, seperti terlihat pada Gambar 1.

Hal yang tidak efisien dan belum efektif ketika pesawat parkir di remote area atau di *apron* yang jauh dari terminal utama, solusi konvensional yang dilakukan maskapai atau operator penerbangan adalah menggunakan *Apron Passenger Bus* (APB) untuk memindahkan penumpang dan crew dari pesawat ke terminal atau sebaliknya sehingga menimbulkan *unnecessary movement* yang merupakan bagian dari *hazard*, karena terdapat potensi tabrakan antara bus dengan pesawat atau tabrakan bus dan bus lainnya, terdapat kejadian lain bahwa sering kali tabrakan bus dengan kendaraan lain seperti traktor bagasi, truck food catering, truck tangki pengangkut bahan bakar dll. Bahkan terdapat kejadian lainnya seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 terjadinya kebakaran *Apron Passenger Bus* (APB) di *apron* yang sedang beroperasi.



**Gambar 1.** Bandara Konvensional



**Gambar 2.** *Apron Passenger Bus* diwilayah *apron* bandara Soekarno Hatta yang terbakar Tahun 2018



**Gambar 3.** *Apron Passenger Bus* terbakar di *apron* bandara Soekarno Hatta Tahun 2013

Hasil penerapan *value engineering* dalam suatu konseptual pemecahan masalah yakni membuat terowongan (*akses bawah tanah*) di bawah *apron* yang dirancang sedemikian rupa untuk dapat meningkatkan nilai tambah (*value*). Ide ini dinamakan *passenger handling* melewati *under ground terminal*, dimana selain melayani penumpang dapat difungsikan untuk *Smart Baggage Handling System*. Pada terowongan ini juga multifungsi yang melayani *ground power unit*, *fuel* dan *water lavatory* untuk pesawat terbang.

Penumpang melewati *under ground terminal* telah menghasilkan beberapa *value creation* yang diharapkan dapat memberikan nilai tambah investasi bersifat invitif dan efektif, nilai tambah (*value*) adalah sebuah

pernyataan hubungan antara fungsi-fungsi dan sumber daya (SAVE International 2007).

Fungsi diukur oleh kinerja yang dipersyaratkan oleh pengguna. Sedangkan sumber daya diukur dalam jumlah material, tenaga kerja, harga, waktu dan lain-lain, yang diperlukan untuk menyelesaikan fungsi tersebut. Menurut Dell elemen dasar yang diperlukan untuk mengukur sebuah nilai tambah (*value*) yaitu fungsi (*function*), kualitas (*quality*) dan biaya (*cost*), 3 (tiga) elemen ini dapat di lihat pada hubungan di bawah ini (SAVE International 2007) :

$$value = \frac{function + quality}{cost} \quad (1)$$

Konsep utama dari value engineering terletak pada nilai (*value*) dengan hubungan antara fungsi dan biaya sebagai berikut :

$$value = \frac{function}{cost} \quad (2)$$

Tujuan dari penelitian dan tulisan ini yakni mampu memberikan kontribusi dalam desain *under ground terminal* yang dapat mengurangi *unnecessary movement*, mengurangi penggunaan energi fosil pada bus kendaraan tapi mengarah ke energi listrik yang ramah lingkungan, memberikan solusi kepada stakeholder dalam menggunakan peralatan listrik seperti pada peralatan mekanikal penggerak penumpang (*travellator* atau *escalator*) sehingga diharapkan pergerakan penumpang lebih efektif didalam terminal, pada penelitian ini belum diperhitungkan nilai *cost* infrastruktur atau biaya konstruksi. Namun nilai energi listrik diperhitungkan seperti yang dijelaskan pada bagian hasil dan pembahasan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Hazard (Potensi Bahaya)

*Ground collision* adalah tabrakan ataukah *near miss* antara pesawat dengan pesawat di ground, pesawat dengan kendaraan, dan kendaraan dan kendaraan.

Berdasarkan grafik Ground Collisions Tahun 2018 menunjukkan ada beberapa kejadian berada di **Alert level 1** yang berarti berada diarea **Warning** yakni dibulan Maret sebesar 0.14, bulan Mei sebesar 0.15, bulan September sebesar 0.14 dan Oktober dengan angka 0.14. Kemudian terdapat 2 kejadian yang berada di area **Alert level 2** yang berarti menunjukkan **Waspada** pada bulan Januari dengan angka 0.27 dan bulan November sebesar 0.29



**Gambar 4.** Grafik Ground Collisions Tahun 2018, Sumber : Annual Report Safety 2018 PT. Angkasa Pura II

Berdasarkan data statistik keselamatan pada Gambar 5 laporan keselamatan Tahun 2018, maka mayoritas Hazard yang perlu diperhatikan dan yang paling sering muncul adalah pada area *Apron*, *Service Road* dan *Taxiway*



**Gambar 5.** Grafik Laporan Keselamatan Tahun 2018, Sumber : Annual Report Safety 2018 PT. Angkasa Pura II

Pada Gambar 5 menunjukkan Jumlah *hazard report* pada tahun 2018 adalah 501 laporan berada pada area *apron*, disusul pada *service road* sebanyak 364 laporan dan di area *taxiway* sebesar 311 laporan, *departure*

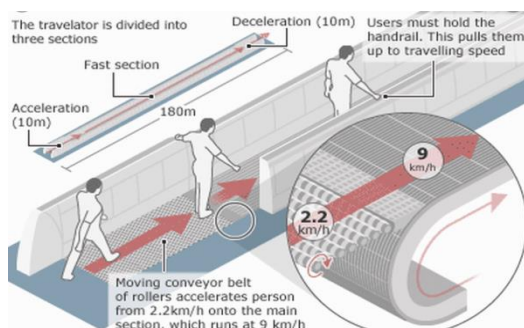
terminal sebanyak 205 laporan serat *arrival terminal* terdapat 129 laporan meningkat dibanding tahun sebelumnya. (Annual Report Safety 2018 PT. Angkasa Pura II)

Dengan adanya konsep *under ground terminal* diharapkan *hazard* atau potensi bahaya yang terjadi di *service road* dan *apron* seperti dijelaskan diatas dapat teratasi dan dihilangkan.

### Konsumsi Energi

Konsep *under ground terminal* dapat mengurangi *unnecessary movement* yang berpotensi terjadinya insiden tabrakan bus, mengurangi penggunaan energi fosil pada bus kendaraan karena telah dilengkapi akses bawah tanah menggunakan travelator dan escalator yang memanfaatkan energi listrik ramah lingkungan sehingga biaya operasional industri *ground handling* berkurang, memberikan solusi kepada stakeholder operator bandara yang berbasis eco-airport dalam menggunakan sistem pendingin agar lebih efisien.

*Under ground terminal* untuk *Smart Eco Airport* membutuhkan banyak energi terutama untuk penanganan penumpang atau *passanger handling*, *Smart Baggage Handling System*, *Auxiliary Power Unit*, *penerangan*, *Air Conditioning* dll. Untuk *Passanger Handling* sendiri diberikan 2 alternatif movement yakni menggunakan *escalator*, *moving walks* atau *travelator*. Pada penelitian ini dibahas pula kebutuhan energi ground terminal bila menggunakan escalator atau moving walks untuk *passanger handling*.



**Gambar 6.** Contoh gambaran sistem moving walks atau travelator yang dapat diaplikasikan untuk *under ground terminal*

### Daya

Daya adalah laju dilakukannya usaha, artinya semakin besar dan cepat usaha dilakukan maka makin besar pula dayanya dan dalam SI daya dilambangkan dalam satuan *watt*. Sedang Daya listrik merupakan perkalian antara tegangan yang disuplai dan arus yang mengalir dan faktor daya peralatan:

$$P = V \times I \times \cos \theta \quad (3)$$

Dimana :

P = Daya ( Watt atau Kw)

V = Volt (V atau KV)

I = Ampere (A)

$\cos \theta$  = Faktor Daya ( daya aktif per daya semu)

### Energi Listrik

Konsumsi energi listrik adalah perkalian antara daya dan waktu operasi, yang merupakan besarnya energy listrik yang digunakan dalam periode waktu tertentu, semakin lama waktu Operasi maka energi yang dikonsumsi otomatis akan semakin besar, dalam SI Energi listrik dilambangkan dalam satuan Joule atau bisa dikonversi dalam satuan Kwh bila t (waktu) sama dengan hour (jam) berikut persamaannya :

$$W = P \times t \quad (4)$$

Dimana :

W = Energi (Joule atau Kwh)

P = Daya (Kwatt)

t = Waktu (hour)

### Efisiensi

Efisiensi disebut juga daya yang digunakan, artinya tidak semua daya yang diberikan kesuatu sistem diubah menjadi daya yang dihasilkan sistem tersebut. Prosentase perbedaan daya masukan dan daya keluaran tersebut adalah nilai efisiensi, persamaannya adalah :

$$\eta = \frac{P_{\text{masukan}}}{P_{\text{keluaran}}} \times 100 \% \quad (5)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi

P masukan = Daya yang masuk kesistem

P keluaran = Daya yang dikeluarkan



### Perhitungan penerangan

Untuk menentukan tingkat penerangan yang sesuai, perlu diketahui jenis armature lampu yang cocok dan bagaimana menerangi ruangan tersebut. *Armature* adalah rumah lampu yang berguna mengendalikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang terpasang didalamnya. Jumlah *armature* yang dibutuhkan untuk mendapatkan penerangan yang diinginkan dapat menggunakan persamaan (Chapman, Stephen J. 2002) :

$$F_{Total} = E \times A / k_p \times k_d \quad (6)$$

$$N_{Total} = F_{Total} / F_1 \times n \quad (7)$$

Dimana :

- E = Tingkat Pencahayaan
- $F_{Total}$  = Fluks Luminous total (lumen)
- A = Luas Bidang kerja ( Terminal)
- $k_p$  = Koefisien penggunaan, nilainya 0.84
- $k_d$  = Koefisien depresiasi (penyusutan),
- $N_{Total}$  = Jumlah armatur
- $F_1$  = Fluks Luminous satu buah lampu
- N = Jumlah lampu dalam satu armatur

Sedang daya lampu untuk semua jenis lampu yang menggunakan armatur dapat ditulis sebagai berikut :

$$W_{total} = N_{lampu} \times W_1 \quad (8)$$

$$N_{lampu} = N_{total} \times N \quad (9)$$

### Perhitungan Kebutuhan AC

Dalam perhitungan kebutuhan *air conditioning* ada 3 (tiga) hal yang perlu diperhatikan :

- a. *Cooling Load* (beban pendingin) bergantung dari luas ruangan, ukuran dan posisi jendela (bila ada), jumlah orang, jumlah beban listrik, dan jumlah lampu di dalam ruangan
- b. Daya Listrik (watt)
- c. PK Kompresor

Satuan yang digunakan adalah BTU/jam, BTU (*British thermal Unit*) per hour adalah kapasitas AC untuk menyerap panas (*thermal*) dalam satu jam satuan lainnya adalah PK (Paard Krachth) atau daya kuda/ horse power (1 PK = 9000-1000 BTU/h dan 1 PK = 1 HP = 0.764 KW). Berikut persamaan

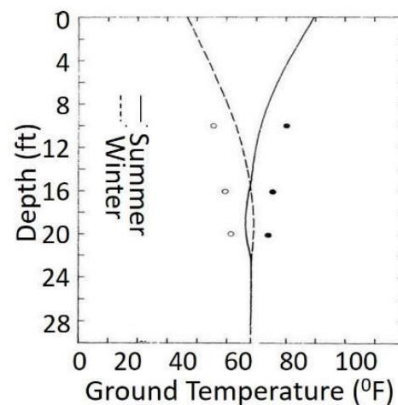
untuk mengetahui kebutuhan PK-AC, berdasarkan panjang (p), lebar (l) dan tinggi (t) :

$$\text{Kebutuhan PK AC} = p \times l \times t / 3 \times 0.06 \quad (10)$$

Kebutuhan pendingin untuk *under ground terminal* karena letaknya di bawah permukaan tanah maka kenyamanan ruangan mempertimbangkan efek temperatur tanah bervariasi menurut kedalaman dan sifat termal material yang dikandungnya. Pada kedalaman 10 meter suhu tanah menjadi stabil sepanjang tahun yang nilainya sama dengan rata-rata suhu tahunan udara luar (M. H. Adjali, M. Davies, S. W. Rees, and J. Littler, 2000 dan T. Kusuda and J. W. Bean 1984).

Pada daerah beriklim dingin, disaat musim dingin atau malam hari, suhu tanah tercatat lebih tinggi dibandingkan suhu udara luar sehingga tanah berfungsi sebagai *heat barrier* yang bisa mengurangi *heat loss* untuk sistem pemanas ruangan. Sebaliknya, untuk daerah tropis seperti di Indonesia dan saat siang hari dimana suhu udara luar sangat tinggi, tanah berfungsi sebagai media pendingin karena suhunya berada jauh dibawah suhu udara luar dan suhu ruangan (Remon Lapisa ISSN: 1411 – 3411, 2018 dan Suparwoko UII Yogyakarta).

Adapun profil temperatur tanah berdasarkan kedalaman lokasi diilustrasikan pada Gambar 7 berikut Perubahan suhu tanah yang tidak ekivalen dengan perubahan suhu udara luar ini disebabkan oleh efek inersia termal (T. Kusuda and J. W. Bean 1984)



**Gambar 7.** Variasi Temperatur berdasarkan kedalaman tanah ( Indonesia menggunakan pendekatan grafik Summer)

## Infrastruktur

Pada *Passanger Handling System* inrastruktur yang digunakan adalah sebuah terowongan yang menghubungkan antara terminal dengan *apron remote* tempat dimana pesawat parkir yang mempunyai jarak cukup jauh ke terminal. Pada gambar 8 terlihat garis warna hitam pada apron yang merupakan ilustrasi dari terowongan (*tunnel*) yang berada di *under ground* yang dapat menghubungkan terminal utama ke pesawat yang dapat dilalui penumpang baik berangkat maupun datang tanpa harus menggunakan bus penumpang di apron (*Apron Passenger Bus*).

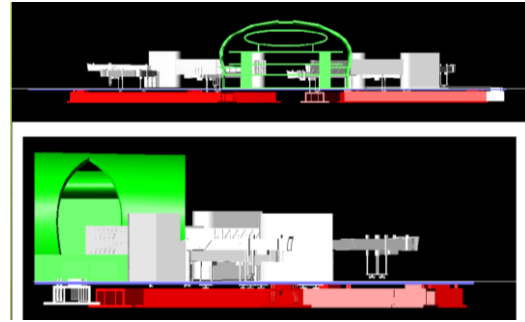


**Gambar 8.** Ilustrasi Terowongan (akses bawah tanah) Under Ground Terminal dari Remote Area

Terowongan pada ilustrasi *under ground terminal* untuk *passanger handling* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dapat digunakan pula untuk *Baggage Handling System* (BHS). Desain tambahannya dapat dirancang multifungsi yang terbagi atas 2, yaitu yang melayani kiri dan kanan. Masing-masing terowongan terbagi atas 3 kompartemen, yaitu untuk *Fuel*, *Ground Power Unit* dan *water Lavatory*. (Mohammad Ihsan & Martolis, 2017)

Luas area Terminal 3 saat ini adalah 422.804 m<sup>2</sup> dapat menampung 25 juta penumpang pertahun atau sekitar 70 ribu penumpang perhari, pada penelitian ini luas *under ground terminal* berikut akses bawah tanahnya (*under ground*) dianggap sama dimensinya dengan terminal 3, maka data-data peralatan seperti *travellator*, sistem

pendingin, dll dijadikan acuan untuk perhitungan kebutuhan energi yang akan digunakan pada *under ground terminal* dengan mempertimbangkan unsur penghematan energi, kenyamanan dan keselamatan penerbangan

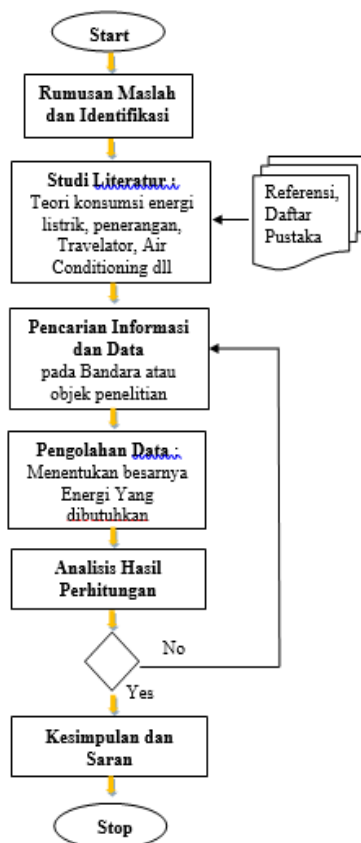


**Gambar 9.** Warna merah merupakan konsep terowongan Under Ground Terminal

## METODOLOGI

Objek yang dijadikan sample penelitian adalah terminal 3 bandara Soekarno Hatta, mengapa Terminal 3 dijadikan objek, dikarenakan dimensi luasan untuk konsep *Under Ground Terminal* dianggap sama luasannya, Gambar 8 hanya merupakan ilustrasi terowongannya, bedanya hanya terletak pada sisi desain dimana sebagian ketinggian terminal terletak dikedalaman 4 s.d 5 meter dibawah permukaan tanah, peneitian ini selain memberikan masukan untuk mengurangi *unnecessary movement* yang berisiko terjadinya insiden di *apron*, bahan masukan lainnya adalah penghematan energi untuk pembangunan terminal yang akan dibuat (misalnya untuk terminal 4 bandara Soekarno-Hatta). Peneliti hanya mempunyai gambar ilustrasi *under ground terminal*, Namun desain detail terminal 4 belum ada, sehingga Terminal 3 dijadikan sebagai obyek peneitian yang dianggap luasan dan volumenya sama serta daya tampung penumpang juga sama

Dalam melakukan penelitian ini, ada tahapan *flow chart* penelitian yang dilalui sepeti yang ditunjukkan pada Gambar 10 agar penelitian dapat tersusun secara sistematis sehingga data dan informasi yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan :



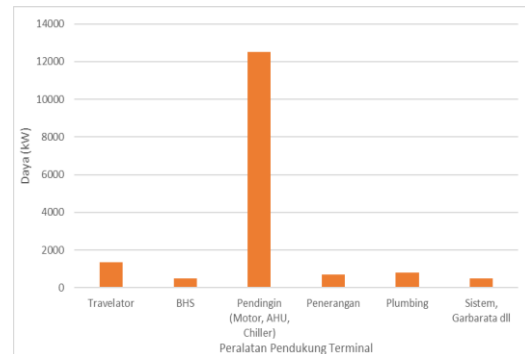
**Gambar 10.** Flow Chart Penelitian

Tahapannya adalah memulai melakukan perumusan masalah dan identifikasi melalui proposal penelitian di Universitas Mercubuana, dilanjutkan studi literatur dari beberapa jurnal dan referensi yang diperoleh, langkah selanjutnya adalah pencarian informasi dan pengumpulan data pada beberapa objek penelitian. Kemudian dilakukan analisa data dan melakukan kalkulasi serta simulasi perhitungan sesuai dengan tujuan penelitian, bila dari hasil perhitungan dan analisa tidak sesuai dengan teori dan literatur, maka koreksinya adalah validasi data serta pengolahan data kembali, kesimpulan dapat diambil bila hasil analisa dan perhitungan sesuai dengan teori dan literature yang ada.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data menunjukkan angka yang paling signifikan dalam konsumsi energi terminal 3 ultimate adalah keperluan Pendingin Terminal 3 sebesar 12511.39032 kW atau sekitar 12.5 mW, artinya aspek

pendingin untuk kenyamanan pengguna jasa penerbangan di terminal 3 membutuhkan daya 80% dari seluruh energi yang disuplai ke terminal 3 yang disajikan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Grafik energi peralatan Terminal 3

## Data Energi Plumbing

Data pompa air bersih dan daur ulang yang beroperasi, terlihat bahwa daya yang paling besar digunakan oleh pompa untuk Air bersih sebesar 180 kW menyusul untuk pompa air daur ulang sebesar 135 kW seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Daya plumbing air bersih dan daur ulang

Nama Pompa	Fungsi	Jumlah	Daya (KW)
Package Booster Pump	Air Bersih	4	180
Package Centrifugal Pump	Air Daur Ulang	3	135
Package Centrifugal Pump	Pompa Siran	2	15
Package Centrifugal Pump	Pompa sump	2	7.4
Package Centrifugal Pump	Pompa GTWT&GWTDU	4	2.25
Pompa Filter	Filterisasi	2	22
Dosing Pump		2	0.5
<b>Total</b>		<b>19</b>	<b>362.15</b>

**Tabel 2.** Daya Plumbing Air Kotor

Nama Pompa	Area (Zone)	Daya (KW)
Subm pump QDC	Zone 2	26.95
Subm pump QDC	Zone 3	21.4
Subm pump QDC	Zone 4	23
Subm pump QDC	Zone 5	22.35
Subm pump QDC	Zone 6	15.65
Package Booster Pump	Zone 2	92.5
Package Booster Pump	Zone 3	15
Package Booster Pump	Zone 4	37
Package Booster Pump	Zone 5	18.5
Package Booster Pump	Zone 6	18.5
Package Booster Pump	Zone 7	5
Package Booster Pump	Outside	132
Submerisble pump	2,4,5 & 6	22
Submerisble pump	Basement 4 & 5	7.2
Submerisble pump	Basement	1.5
<b>Total</b>		<b>458.55</b>

Data berikut menunjukkan Daya yang dibutuhkan untuk pengoperasian plumbing air kotor dan air bekas ulang Terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta. Data menunjukkan bahwa daya yang paling besar digunakan package booster pump untuk area Zone 2 sebesar 92.5 KW yang terlihat pada Tabel 2.

### Data Energi Baggage Handling System

Dari Evaluasi Daya Baggage Handling System, Energi untuk peralatan BHS (Baggage Handling System) Terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta dibutuhkan setidaknya 507,39 kW seperti yang terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Energi Peralatan BHS T3

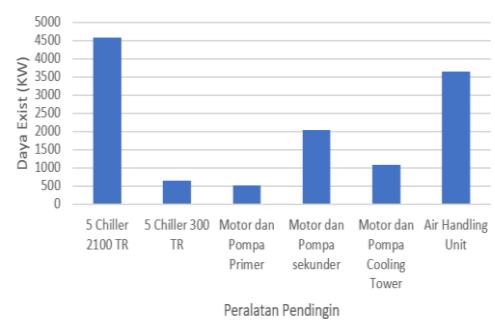
Peralatan BHS	Daya (KW)
Check In	186.4
Screening Level 1-2	155.86
Screening L3-5	102.43
Early Bag Store Domestik	31.35
Early Bag Store Internasional	31.35
Total	507.39

### Data Energi Pendingin Terminal 3

Peralatan pendingin seperti Motor dan Pompa AC yang membutuhkan daya sebesar 3630 kW, 5 buah Chiller 2100 TR membutuhkan Daya sebesar 4578 kW dan 5 buah Chiller 300 TR setidaknya membutuhkan Daya sebesar 655 kW, Air Handling Unit sebesar 3649 kW sehingga Total Keperluan Pendingin untuk Terminal 3 saja sebesar 12511.39032 kW atau sekitar 12.5 mW, seperti yang ditunjukkan Tabel 4 dan visualisasinya dapat dilihat pada Gambar 12.

**Tabel 4.** Daya Pendingin Terminal 3

Alat Pendingin	Daya Existing (KW)
5 Chiller 2100 TR	4577.8568
5 Chiller 300 TR	654.6335224
Motor dan Pompa Primer	525
Motor dan Pompa sekunder	2030
Motor dan Pompa Cooling Tower	1075
Air Handling Unit	3648.9
TOTAL	12511.39032



**Gambar 12.** Grafik Energi Pendingin Terminal 3

### Data Energi Penerangan

Peralatan penerangan sangat penting dalam gedung terminal karena merupakan hal yang penting dalam pelayanan (*level of service*) apalagi saat malam hari, jumlah lampu sangat banyak seperti tertera pada Tabel 5 termasuk peralatan lainnya karena wiring diagram menyatu dengan peralatan lampu, jumlah peralatan yang terpasang adalah 18819 buah, sehingga total daya yang dibutuhkan adalah sebesar 714.77 kW.

**Tabel 5.** Daya Penerangan dan Peralatannya

Lampu	Jumlah	Daya (KW)
Downlight	4228	101.472
Lampu Kolom	1111	72.215
Lampu Sorot	810	81
Led Strip	110	0.88
Led Strip Toilet	279	0.837
Sign box	103	0.11124
Lampu TL	4951	89.118
Lamp VIP	4646	83.628
Toilet Handdryer	303	183.315
Toilet Downlight	753	18.072
Led Strip	110	0.88
Lampu Spot Light	662	7.944
STK Dispenser	753	75.3
Total	18819	714.7722

### Data Energi Travelator

Peralatan travelator dan escalator cukup banyak terpasang di terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta, gunanya untuk memudahkan pergerakan penumpang yang akan berangkat dari check in counter ke gate atau sebaliknya dari gate ke pintu kedatangan, total daya yang digunakan dari keseluruhan peralatan sebesar 1370 kW, yang paling besar



penggunaan dayanya adalah jenis *travelator* 0 degree (horizontal) sebesar 687 kW, karena jumlahnya cukup banyak terpasang di beberapa titik terminal, seperti yang disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Peralatan Travelator dan Escalator

Peralatan	Arus (A)	Daya (KW)
All Travelator 0 degree	400	687
All Travelator 12 Degree	400	236
All Escalator	400	447
<b>Total</b>		<b>1370</b>

### Analisa Data dan Perhitungan

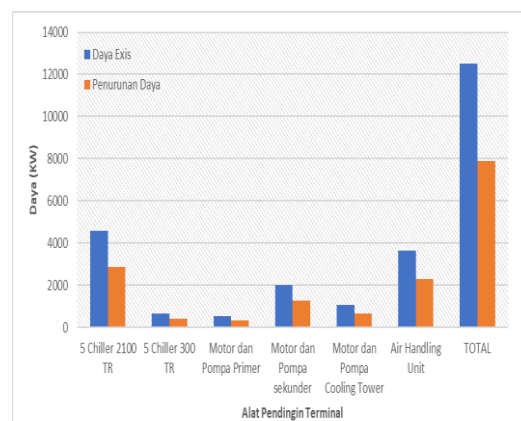
Berdasarkan tinjauan pustaka (Remon Lapisa ISSN: 1411 – 3411, 2018 dan Suparwoko UII Yogyakarta) pada bagian kebutuhan *air conditioning*, untuk *under ground terminal* maka efek pendinginan menggunakan barrier kedalaman tanah dimana tanah berfungsi sebagai media pendingin dan lantai dibawah permukaan tanah memberikan hasil yang positif, bila diperhatikan gambar 7 Variasi Temperatur berdasarkan kedalaman tanah pada kedalaman 4 sampai 5 meter (12-15ft) suhu berkurang sebesar 10 - 12 °C dari Temperatur Normal daerah tropis Jakarta 32 °C (perhatikan grafik summer pada gambar) sehingga bila menggunakan media tanah sebagai pendingin dibantu dengan ventilasi yang baik temperature yang dapat dicapai menjadi 20 °C sd 22 °C atau ada penurunan sebesar 37% dari temperature luar, berikut Tabel 7 menampilkan data simulasi perhitungan energi pendingin yang dapat ditekan dengan memanfaatkan tanah sebagai media pendingin pada kedalaman 4 sd 5 meter :

**Tabel 7.** Simulasi Perhitungan Penurunan Daya Pendingin

Alat Pendingin	Daya Existing (KW)	Hasil Penurunan Daya (KW)
5 Chiller 2100 TR	4577.8568	2884.049784
5 Chiller 300 TR	654.6335224	412.4191191
Motor dan Pompa Primer	525	330.75
Motor dan Pompa sekunder	2030	1278.9
Motor dan Pompa Cooling Tower	1075	677.25
Air Handling Unit	3648.9	2298.807
<b>TOTAL</b>	<b>12511.39032</b>	<b>7882.175903</b>

Dari perhitungan Simulasi data penurunan daya sebesar 37% efek

pendinginan media kedalaman tanah memberikan hasil bahwa total hasil daya menjadi 7882,4 kW atau daya dapat ditekan sebesar 4629 kW, grafik perbandingan disajikan pada Gambar 13 grafik perbandingan daya terhadap alat pendingin bangunan bawah tanah yang merupakan simulasi untuk under ground terminal yang besaran area terminalnya dianggap sama.



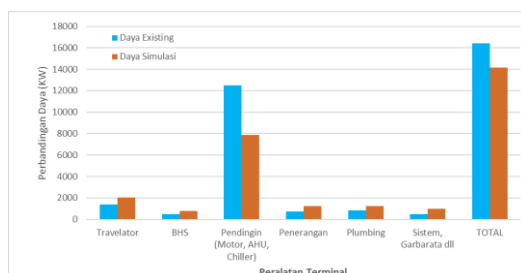
**Gambar 13.** Grafik Perbandingan Daya Alat Pendingin antara Existing dan Simulasi

Dengan melakukan metode pendekatan luas area under ground terminal yang luasnya sama dengan terminal 3 sekitar 422.804 m<sup>2</sup>. Simulasi yang dilakukan adalah menambahkan garbarata 50% dari 44 garbarata yang dimiliki Terminal 3 sehingga untuk konsep under ground terminal dapat dipasang dengan total garbarata sebanyak 66 garbarata, selain itu ada beberapa peralatan yang ditambah menurut kebutuhannya, yakni travelator ditambah menjadi 50% untuk under gorund terminal, begitu pula *baggage handling system* dan Plumbing perlu ditambah 50% mengingat jarak dan area yang akan terlewati, kecuali penerangan ditambahkan 70% mengingat pencahayaan sangat penting dalam bangunan terminal bawah tanah karena penerangan dari efek matahari akan berkurang, Namun keuntungan yang didapat adalah energi untuk pendingin menurun sebesar 37%, berikut penabelan simulasi perhitungan dan grafik perbandingan daya existing dan daya Simulasi *Under Ground Terminal* seperti yang terlihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Perbandingan Daya Existing dan Simulasi terhadap Peralatan *Under Ground* Terminal

Peralatan Terminal	Daya Existing (KW)	Simulasi Daya (KW)
Travelator	1370	2055
BHS	507.39	761.085
Pendingin (Motor, AHU, Chiller)	12511.39032	7882.175903
Penerangan	714.77224	1215.112808
Plumbing	820.7	1231.05
Sistem, Garbarata dll	500	1000
<b>TOTAL</b>	<b>16424.25256</b>	<b>14144.42371</b>

Hasil simulasi menunjukkan tren yang positif dimana total daya existing Terminal 3 saat ini sebesar 16424,3 kW atau 16 mW saat kondisi normal dimana paling besar energi yang dibutuhkan adalah pendingin (*Air conditioning*), dengan melakukan pendekatan rancangan underground terminal dimana media tanah dapat memberikan efek penurunan suhu ruangan, sehingga dari simulasi diatas didapat hasil penurunan daya untuk semua peralatan mekanikal dan pendingin sebesar 14144,4 kW, dari hasil simulasi perhitungan berikut visualisasi perbandingan total daya terminal 3 existing dan under ground terminal pada Gambar 14.



**Gambar 14.** Perbandingan Daya Existing dan Simulasi terhadap Peralatan *Under Ground* Terminal

## KESIMPULAN

Untuk daerah tropis seperti di Indonesia, saat siang hari dimana suhu udara luar sangat tinggi berkisar 32 °C, dengan memanfaatkan kedalaman tanah yang berfungsi sebagai media pendingin, karena suhunya berada jauh dibawah suhu udara luar dan suhu ruangan, setelah dilakukan simulasi perhitungan menunjukkan data penurunan daya, dengan menganggap luas area dan volume yang sama dengan Terminal 3 saat ini, total daya yang dapat dicapai sebesar 7882,4 kW sehingga

daya dapat ditekan sebesar 4629 kw dari daya sebelumnya sebesar 12511.39 kW.

Total daya yang diperlukan terminal 3 saat ini sebesar 16424,3 kw atau 16 mw saat kondisi normal dimana yang terbesar adalah energi pendingin (*Air conditioning*), disusul daya untuk mekanikal seperti travellator dan escalator kemudian daya untuk penerangan, Namun dengan rancangan *under ground terminal* didapat hasil simulasi penurunan daya dari semua peralatan mekanikal dan peralatan pendingin sebesar 14144,4 kW.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan pada jajaran PT. Angkasa Pura II Cabang Soekarno-Hatta, Kantor Otoritas Bandara Wilayah I dan Universitas Mercubuana dalam mendukung dan membantu memfasilitasi pengambilan data selama penelitian berlangsung semoga hasil penelitian ini memberikan solusi terhadap permasalahan energi, potensi hazard (safety), ketidak efisienan dan pelayanan penumpang (services) pada bandara-bandar Indonesia yang berbasis Eco Airport

## DAFTAR PUSTAKA

- SAVE International, Value standard and body of knowledge, 2007
- Annual Report Safety 2018 PT. Angkasa Pura II (Persero)
- Annual Report Safety 2016 PT. Angkasa Pura II (Persero)
- Ashford, N.J., Mumayiz, S.A &Wright, P.H.,2011. Airport Enggining. Canada Wiley.
- Chapman, StephenJ. (2002). Electric Machinery and Power System Fundamental.1<sup>st</sup> ed. McGraw-Hill, Melbourne : McGraw-Hill
- Mohammad Ihsan & Martolis, Desain dan Pengembangan Smart Baggage Handling System Pada Bandara Berbasis Eco Airport, Jurnal ISBN 2017

- M. H. Adjali, M. Davies, S. W. Rees, and J. Littler, 'Temperatures in and under a slab-on-ground floor: two- and threedimensional numerical simulations and comparison with experimental data', *Build. Environ.*, vol. 35, no. 7, pp. 655– 662, Oct. 2000
- H. Bareither, A. Fleming, and B. Alberty, 'Temperature and heat loss characteristics of concrete floors laid on the ground', University of Illinois, Illinois, USA, Research report 48-1, Aug. 1948.
- Remon Lapisa "Pengaruh Inersia Termal Tanah Terhadap Kenyamanan Ruangan : Pemanfaatan Teknik Pendinginan Pasif pada Bangunan di Daerah Tropis", Universitas Negeri Padang, Volume 18 Number 1, 2018 ISSN: 1411 – 3411 (p) ISSN: 2549 – 9815 (e)
- Suparwoko 'Pemanfaatan Energi Dingin Bumi Dan Batuan Untuk Penghawaan Ruang Kantor 'FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- T. Kusuda and J. W. Bean, 'Simplified methods for determining seasonal heat loss from uninsulated slab-on-gade floors', *ASHRAE TransUnited States*, Vol.90 no. CONF-840124-,1984.